

MONITOREO HIGROTÉRMICO-ENERGÉTICO-LUMÍNICO DE INVIERNO EN DEPARTAMENTOS UBICADOS EN LAS CIUDADES DE SAN JUAN Y LA PLATA

M. G. Re¹, I. Blasco Lucas²

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD), Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)
Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina
Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54(0)264 423 5397 – <http://www.irpha.com.ar>
E-mails: reguillermi@ yahoo.com.ar, iblasco@farqui.unsj.edu.ar, iblasco_2000@ yahoo.com

RESUMEN: Con el objeto de obtener un diagnóstico del comportamiento higrotérmico, energético y lumínico durante invierno de edificios multifamiliares en altura ubicados en las ciudades de San Juan y La Plata, se realizan monitoreos en dos departamentos de dos bloques residenciales representativos para cada localidad. Las mediciones abarcan periodos de 10 días durante los meses de junio y julio de 2008 respectivamente, y el procesamiento se realiza con PROMEDI-HTL. El análisis previo de las trasmisancias térmicas de los elementos constructivos aplicando KG-MOD revela que todas exceden el K max adm estipulado por la Norma IRAM 11605 para calidad edilicia tipo B. En ambos lugares, dos departamentos permanecen en confort y dos en discomfort, uno por exceso (Dpto.1) y otro por defecto (Dpto.3), los de San Juan presentan elevados consumos unitarios que superan en un rango comprendido entre 41 y 75 KWh/m² el valor máximo de los estándares internacionales (UE), y los de La Plata se mantienen por debajo del mismo.

Palabras clave: monitoreo, comportamiento higrotérmico y lumínico, consumo energético, edificios multifamiliares.

INTRODUCCION

El gran aumento de la construcción detectado en los últimos seis años, específicamente de emprendimientos inmobiliarios como Propiedad Horizontal y/o conjuntos habitacionales de departamentos, desarrollados para cubrir la necesidad de un mercado de inversión para ciertos sectores de la sociedad, ha dejado en evidencia la falta de planificación y normativas que regulen el impacto de dichos emprendimientos sobre el ambiente urbano. Según el Indicador Sintético de la Actividad de la Construcción (ISAC) elaborado por el INDEC, la construcción de edificios para viviendas a nivel nacional ha mostrado un crecimiento sostenido desde el año 2002 hasta diciembre de 2007, con un incremento del índice de 74 puntos, lo cual representa en promedio un 13% anual. En muchas de las ciudades de nuestro país, incluidas la de San Juan y la de La Plata, se puede observar una abrupta densificación de áreas específicas, a partir de la construcción de conjuntos habitacionales que están cambiando la fisonomía de la ciudad de una manera vertiginosa, y cuyas consecuencias en cuanto a consumo energético, abastecimiento de agua, evacuación de efluentes, calentamiento urbano, etc. no han sido tenidas en cuenta.

El problema adquirió mayor importancia en las últimas décadas, principalmente por la gravedad de la situación mundial respecto a la escasez de recursos energéticos y el aumento del calentamiento global. De acuerdo a estadísticas recientes (BP, 2007) sobre las reservas de combustibles fósiles mundiales a fines de 2006 y su relación con la producción, Argentina solo contaría con un abastecimiento de petróleo para 7,5 años y gas para 9 años más (Blasco Lucas, 2008). Dichos inconvenientes ponen de manifiesto la necesidad de lograr un control racional del uso de energía en edificios en Argentina y la región, teniendo en cuenta que éstos utilizan para el acondicionamiento térmico y lumínico el 37 % de toda la energía primaria, y que el 53 % de esta demanda corresponde a edificios del sector residencial (Evans J.M., de Schiller S., 2007). En nuestro país el sector residencial representa el 21% del consumo energético nacional, con un índice similar de emisión de CO₂, que lo posicionan en tercer lugar dentro de los mayores consumidores energéticos y contaminadores de la atmósfera, luego de la industria y el transporte (Blasco Lucas, 2008).

Debido a esta situación, comenzaron a desarrollarse a nivel mundial políticas ambientales que involucran la concepción de edificios eficientes y el diseño edilicio en base a estrategias de sustentabilidad. Los métodos precursores en diagramar un sistema de incentivos para que el sector inmobiliario certifique cualidades de sustentabilidad fueron el método BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), desarrollado en el Reino Unido; el método LEED (Leadership in Environmental and Energy Efficient Development), implementado en Estados Unidos; el Eco-Pro en Alemania, Equer en Francia, Eco Quantum en Los Países Bajos, Eco-Profile en Suecia, etc. (de Schiller S., et al, 2003). Si bien existen diferencias entre los planteos de unos y otros, el objetivo que persiguen todos es el de disminuir el consumo energético y la contaminación al medio ambiente generada por el parque edilicio.

En el ámbito académico y científico nacional como así también de la región latinoamericana, existen grupos de investigación de notable trayectoria que se han involucrado en esta temática, cuyos trabajos resultan una importante contribución. Algunos

¹ Miembro de ASADES. Becaria de perfeccionamiento CICITCA-UNSJ (2007-2009).

² Miembro de ASADES. Directora de la becaria.

de ellos son: de Schiller, et al (2003); Assaf, et al (2007), Blasco Lucas y Simón Gil (2006); y Cavalcante y Cavalcante Neto (2008).

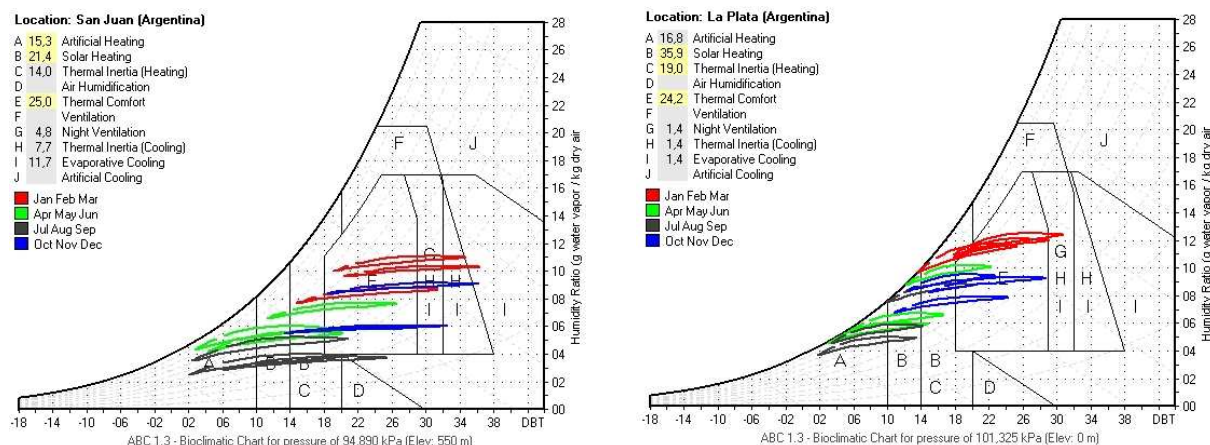
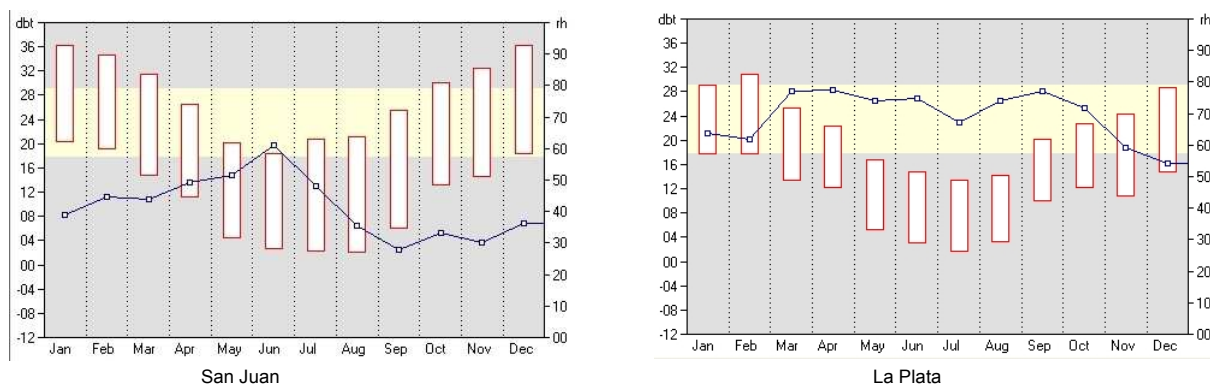
El presente trabajo forma parte de un proyecto mayor desarrollado en el marco de la beca CICITCA, titulado “*Adaptación y Aplicación del Método LEED para Evaluar la Calidad Ambiental de Edificios Residenciales en Argentina*”, que tiene por objetivo general adaptar el método LEED-NC V2.2 con el fin de realizar aportes específicos para el desarrollo de normativa en calidad ambiental edilicia de Argentina, mediante su aplicación en edificios residenciales en altura localizados en las ciudades de San Juan y La Plata de la zona bio-ambiental III.

La investigación actual presenta el procesamiento de datos de las mediciones de la estación invernal, actividad que forma parte de la etapa inicial del trabajo y está orientada a la preselección del universo de estudio. Dentro del método LEED, dicha tarea se relaciona directamente con el Crédito EA 5, “Medición y Verificación”, de la categoría Energía y Atmósfera; a la vez que se vincula indirectamente con el Prerrequisito EA 2 “Mínima Eficiencia Energética” y el Crédito EA 1 “Optimización de la Eficiencia Energética”. Los objetivos perseguidos fueron los de profundizar en el análisis del comportamiento higrotérmico y en la cuantificación de la iluminación natural de cuatro unidades habitacionales en edificios multifamiliares en altura, a la vez que relacionar la obtención de niveles de confort en cada departamento con el consumo de energía requerido para lograrlo. El diagnóstico de los casos permitirá la selección final de un edificio por zona de estudio.

Las auditorías edilicias y la relación que ellas guardan con la materialización constructiva y los consumos energéticos, son un importante aporte para el desarrollo de estrategias de eficiencia energética y el adecuado diseño arquitectónico en sus aspectos tecnológico-constructivos. Existen antecedentes, como los trabajos de: Filippín C., Flores Larsen S. (2005), Díaz C. J., et al (2005) y Evans J.M., de Schiller S. (2007), cuyos aportes han contribuido a la ejecución del presente trabajo.

ANÁLISIS DE CASOS

Para el desarrollo de este trabajo fueron seleccionadas dos ciudades argentinas con características climáticas diferenciadas, con la finalidad de obtener una mayor amplitud y generalidad en los resultados. Ambas ciudades pertenecen a la Zona bio-ambiental III (Templada Cálida) de la Norma IRAM 11603; la ciudad de San Juan se encuentra dentro de la Subzona “a” (31°32’ LS, 68°31’ LO, 615msnm), posee un clima árido seco con grandes amplitudes térmicas diarias y estacionales, con 896°C-día (GD-base 18°C). La Plata, en la provincia de Buenos Aires se ubica en la Subzona “b” (34°55’ LS, 57°57’ LO, 15msnm), cuenta con un clima húmedo, las amplitudes térmicas son menores a los 14°C, y 992°C-día (GD-base 18 °C). Estas características se pueden apreciar en las Figs. 1 y 2 obtenidas con el software ABC 1.3 (Architectural Bioclimatic Classification). En la Fig. 1 se observa el comportamiento medio mensual de rangos de temperatura y humedad en relación a la zona de confort ampliada y la Fig. 2 contiene el diagrama psicrométrico con la delimitación de zonas propuestas por Baruch Givoni para la definición de las estrategias de climatización más adecuadas según el clima.



En cuanto a las unidades habitacionales se ha llevado a cabo una primera selección de cuatro departamentos en dos edificios multifamiliares en altura para cada zona climática que son analizados desde el punto de vista energético y constructivo. Los criterios de selección para los edificios fueron: una antigüedad menor a 15 años y una ubicación dentro del radio céntrico de la ciudad, con proximidad al transporte público. Para los departamentos se consideró que todos fueran de 1 dormitorio, con estar comedor, cocina y 1 baño. Cabe aclarar que las unidades analizadas guardan diferencias tipológicas, ver Factores de Forma (FF) en Tablas 1 y 2. Los departamentos 1 y 2 localizados en la ciudad de San Juan fueron monitoreados en el mes de junio; sus características en cuanto a planta, con la identificación del equipamiento a gas y eléctrico, la señalización de la ubicación de los instrumentos de medición utilizados, dimensiones e índices formales, se pueden observar en la Tabla 1. Los monitoreos realizados en el mes de Julio corresponden a los departamentos 3 y 4 ubicados en la ciudad de La Plata, cuyas características tipológicas y morfológicas respectivas se detallan en la Tabla 2.

Por la estrecha relación que guarda con los niveles de bienestar de los habitantes y el consumo energético para lograrlo, se evalúa el comportamiento térmico de cada uno de los departamentos seleccionados, mediante el análisis de las respectivas transmitancias térmicas (coeficientes K) de los elementos componentes de la envolvente. Para ello, se utilizan los valores de conductividad térmica y densidad aparente de materiales que establece la Norma IRAM 11601 (2002), y se siguen los procedimientos para el cálculo de la transmitancia térmica de componentes constructivos (K), habiendo programado planillas electrónicas en MS-Excel a los fines de facilitar el cálculo (Blasco Lucas I. 2007).

La Tabla 3 resume los coeficientes característicos de los componentes de cada variante constructiva y la Tabla 4 presenta la comparación de los coeficientes K con los K admisibles de invierno y verano recomendados para la zona, en el nivel medio de calidad constructiva (B). La amortiguación y retardo se calcula aplicando los conceptos de admisividad (Chauliaguet et al., 1978) y en función de la conductividad y la capacidad térmica, el volumen, el espesor, y la constante de tiempo relativa (según F. M. Camia, en Izard y Guyot, 1983). En la Tabla 4 los números negativos indican en valor absoluto y relativo cuánto supera el límite recomendado por las normas mencionadas para construcciones que aspiren a la obtención de un nivel de confort higrotérmico medio. Los valores positivos mostrarían el margen que permite a los componentes un mejor comportamiento térmico respecto al regulado.

Del análisis de las transmitancias térmicas de los componentes que conforman la envolvente de los departamentos, ha quedado en evidencia que ninguno de los casos estudiados alcanza el valor regulado por la Norma para la obtención de un nivel de confort higrotérmico medio, clasificado como Nivel B. En San Juan el valor más cercano es el del muro de ladrillo hueco del departamento 1, siendo el techo del departamento 2 -en contacto con el exterior, por ubicarse en el último piso del edificio- el que presenta un mayor valor negativo. En los casos de La Plata el muro de ladrillo (macizo y hueco) de 0,35cm de espesor del departamento 4 es el que presenta mejores propiedades térmicas.

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Departamento: 1 Cuidad: San Juan ² Ubicación: 2º piso Aire A Total de Pisos: 2 HOBOS Utilizados: 2 Vent. Cruzada: NO FF: 0,64 FF: 0,29m ² Orientación Ppal: Oeste Área Total: 73,5 m ² Área Interior: 60 m ² Volumen Interior: 161 m ³ Área Vidriada: 14,5 m ² |  | |
| Departamento: 2 Cuidad: San Juan Ubicación: 2º piso Total de Pisos: 2 HOBOS Utilizados: 2 Vent. Cruzada: SI FF: 2,10 FF: 1,01m ⁻¹ Orientación Ppal: Norte Área Total: 46 m ² Área Interior: 40 m ² Volumen Interior: 96 m ³ Área Vidriada: 3,9 m ² |  | |

Tabla 1 – Características de los departamentos analizados en San Juan.

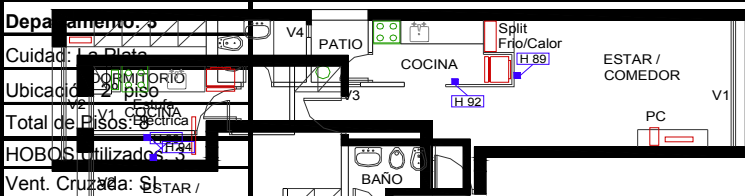




| | | | |
|--------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Departamento: 3 | |  | |
| Cuidad: La Plata | | Split Frio/Calor H 89 | |
| Ubicación: 2º piso | | COCINA | |
| Total de Pisos: 9 | | ESTAR / COMEDOR | |
| HOBOS Utilizados: 2 | | PC | |
| Vent. Cruzada: SI | | BAÑO | |
| FF: 1,34 | | FF: 0,71m | |
| Orientación Ppal: Sureste | |  | |
| Área Total: 48 m ² | |  | |
| Área Interior: 39 m ² | |  | |
| Volumen Interior: 90 m ³ | | | |
| Área Vidriada: 8,3 m ² | | | |
| Departamento: 4 | |  | |
| Cuidad: La Plata | | | |
| Ubicación: 2º piso | | | |
| Total de Pisos: 9 | | | |
| HOBOS Utilizados: 2 | | | |
| Vent. Cruzada: SI | | | |
| FF: 0,70 | | FF: 0,30m ⁻¹ | |
| Orientación Ppal: Oeste | | | |
| Área Total: 51 m ² | | | |
| Área Interior: 44 m ² | | | |
| Volumen Interior: 119 m ³ | | | |
| Área Vidriada: 10 m ² | | | |

Tabla 2 – Características de los departamentos analizados en La Plata.

| DEPARTAMENTO 1 | | | | | | DEPARTAMENTO 2 | | | | | |
|----------------|--------------------|----------------|--------------------------------------------------|----------------|---------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------------------------------------|----------------|---------------------------|
| COMPONENTE | MATERIAL | Espesor [m] | Resistencia Termica R [m ² C/W] | Retardo [h] | Amorti- guación [-] | COMPONENTE | MATERIAL | Espesor [m] | Resistencia Termica R [m ² C/W] | Retardo [h] | Amorti- guación [-] |
| MURO H | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 | MURO | Ladrillo macizo | 0.280 | 0.308 | 4.713 | 0.291 |
| | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 | | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 |
| | Hormigón común | 0.200 | 0.143 | 5.021 | 0.269 | | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 |
| | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 | | Muro Ladrillo | 0.315 | 0.347 | 5.710 | 2.047 |
| | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 | TECHO | Membrana Asfáltica | 0.007 | 0.010 | 0.345 | 0.914 |
| MURO L | Muro Hormigón | 0.270 | 0.222 | 7.015 | 3.780 | | Hormigón poroso | 0.080 | 0.053 | 1.989 | 0.594 |
| | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 | | Hormigón | 0.150 | 0.158 | 4.656 | 0.296 |
| | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 | | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 |
| | Ladrillo hueco | 0.180 | 0.383 | 5.479 | 0.238 | | Total Techo | 0.242 | 0.233 | 7.167 | 2.758 |
| | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 | PISO | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 |
| TECHO | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 | | Mortero de cemento | 0.050 | 0.096 | 1.863 | 0.614 |
| | Muro Ladrillo | 0.250 | 0.462 | 7.473 | 3.750 | | Hormigón | 0.150 | 0.158 | 4.656 | 0.296 |
| | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 | | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 |
| | Mortero de cemento | 0.0500 | 0.0962 | 1.863 | 0.614 | | Total Piso | 0.215 | 0.277 | 7.030 | 2.780 |
| | Hormigón común | 0.200 | 0.143 | 5.021 | 0.269 | PUERTAS | Madera | 0.040 | 0.267 | 2.174 | 0.566 |
| PISO | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 | VENTANA 1 | Vidrio | 0.003 | 0.004 | 0.103 | 0.973 |
| | Total Techo | 0.265 | 0.262 | 7.395 | 2.754 | | | | | | |
| | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 | | | | | | |
| | Mortero de cemento | 0.0500 | 0.0962 | 1.863 | 0.614 | | | | | | |
| | Hormigón común | 0.200 | 0.143 | 5.021 | 0.269 | | | | | | |
| PUERTAS | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 | | | | | | |
| | Total Piso | 0.265 | 0.262 | 7.395 | 2.754 | | | | | | |
| | Madera | 0.040 | 0.267 | 2.174 | 0.566 | | | | | | |
| | Vidrio Reflectante | 0.004 | 0.004 | 0.112 | 0.971 | | | | | | |
| | Cámara de Aire | 0.006 | 0.120 | | | | | | | | |
| VENTANA 1 | Vidrio | 0.003 | 0.004 | 0.103 | 0.973 | | | | | | |
| | Doble Vidriado | 0.013 | 0.128 | 0.215 | 1.945 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO 3 | | | | | | DEPARTAMENTO 4 | | | | | |
| COMPONENTE | MATERIAL | Espesor [m] | Resistencia Termica R [m ² C/W] | Retardo [h] | Amorti- guación [-] | COMPONENTE | MATERIAL | Espesor [m] | Resistencia Termica R [m ² C/W] | Retardo [h] | Amorti- guación [-] |
| MURO | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.291 | MURO | Ladrillo macizo | 0.120 | 0.132 | 2.020 | 0.589 |
| | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 | | Mortero de cemento | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 |
| | Ladrillo hueco | 0.200 | 0.426 | 6.088 | 0.203 | | Ladrillo hueco | 0.180 | 0.383 | 5.479 | 0.238 |
| | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 | | Revoque Grueso | 0.020 | 0.022 | 0.570 | 0.861 |
| | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 | | Revoque Fino | 0.015 | 0.017 | 0.427 | 0.894 |
| TECHO | M. Ladrillo Hueco | 0.270 | 0.504 | 8.081 | 3.111 | TECHO | Muro Ladrillo | 0.355 | 0.577 | 9.065 | 3.445 |
| | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 | | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 |
| | Mortero de cemento | 0.050 | 0.096 | 1.863 | 0.614 | | Mortero de cemento | 0.050 | 0.096 | 1.863 | 0.614 |
| | Hormigón | 0.180 | 0.189 | 5.587 | 0.232 | | Hormigón | 0.200 | 0.211 | 6.207 | 0.197 |
| | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 | | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 |
| PISO | Total Techo | 0.245 | 0.309 | 7.961 | 2.717 | PISO | Total Techo | 0.265 | 0.330 | 8.582 | 2.682 |
| | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 | | Cerámico | 0.010 | 0.012 | 0.334 | 0.916 |
| | Mortero de cemento | 0.050 | 0.096 | 1.863 | 0.614 | | Mortero de cemento | 0.050 | 0.096 | 1.863 | 0.614 |
| | Hormigón | 0.180 | 0.189 | 5.587 | 0.232 | | Hormigón | 0.200 | 0.211 | 6.207 | 0.197 |
| | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 | | Yeso | 0.005 | 0.011 | 0.177 | 0.955 |
| PUERTAS | Total Piso | 0.245 | 0.309 | 7.961 | 2.717 | PUERTAS | Total Piso | 0.265 | 0.330 | 8.582 | 2.682 |
| | Madera | 0.040 | 0.267 | 2.174 | 0.566 | | Madera | 0.040 | 0.267 | 2.174 | 0.566 |
| | Vidrio | 0.003 | 0.004 | 0.103 | 0.973 | | Cortina de PVC | 0.010 | 0.050 | 0.199 | 0.949 |
| VENTANA 1 | Vidrio | 0.003 | 0.004 | 0.103 | 0.973 | VENTANA 1 | Vidrio | 0.003 | 0.004 | 0.103 | 0.973 |
| | | | | | | | | | | | |

Tabla 3 – Propiedades térmicas de los componentes constructivos

| DEPARTAMENTO 1 | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| COMPONENTE y MATERIAL | Trasmittancia Térmica K | Diferencia K Verano | | Diferencia K Invierno | |
| | [W/m ² °C] | [W/m ² °C] | [%] | [W/m ² °C] | [%] |
| Muro Hormigón | 2,59 | -1,49 | -1,35 | -1,60 | -1,61 |
| Muro Ladrillo | 1,60 | -0,50 | -0,45 | -0,61 | -0,61 |
| Total Techo | 2,16 | -1,23 | -2,73 | -1,36 | -1,70 |
| Total Piso | 2,16 | -1,23 | -2,73 | -1,36 | -1,70 |
| Madera | 2,32 | -1,22 | -1,11 | -1,33 | -1,34 |
| Doble Vidriado | 3,41 | -2,31 | -2,10 | -2,42 | -2,45 |

| DEPARTAMENTO 2 | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| COMPONENTE y MATERIAL | Trasmittancia Térmica K | Diferencia K Verano | | Diferencia K Invierno | |
| | [W/m ² °C] | [W/m ² °C] | [%] | [W/m ² °C] | [%] |
| Muro Ladrillo | 1,95 | -0,85 | -0,78 | -0,96 | -0,97 |
| Total Techo | 2,31 | -1,83 | -0,06 | -1,88 | -2,35 |
| Total Piso | 2,10 | -1,65 | -3,66 | -1,30 | -1,62 |
| Madera | 2,32 | -1,22 | -1,11 | -1,33 | -1,34 |
| Vidrio | 5,92 | -4,82 | -4,38 | -4,93 | -4,98 |

| DEPARTAMENTO 3 | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| COMPONENTE y MATERIAL | Trasmittancia Térmica K | Diferencia K Verano | | Diferencia K Invierno | |
| | [W/m ² °C] | [W/m ² °C] | [%] | [W/m ² °C] | [%] |
| M. Ladrillo Hueco | 1,49 | -0,39 | -0,36 | -0,50 | -0,51 |
| Total Techo | 1,97 | -1,52 | -3,37 | -1,17 | -1,46 |
| Total Piso | 1,97 | -1,52 | -3,37 | -1,17 | -1,46 |
| Madera | 2,32 | -1,22 | -1,11 | -1,33 | -1,34 |
| Vidrio | 5,92 | -4,82 | -4,38 | -4,93 | -4,98 |

| DEPARTAMENTO 4 | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| COMPONENTE y MATERIAL | Trasmittancia Térmica K | Diferencia K Verano | | Diferencia K Invierno | |
| | [W/m ² °C] | [W/m ² °C] | [%] | [W/m ² °C] | [%] |
| Muro Ladrillo | 1,35 | -0,25 | -0,23 | -0,36 | -0,36 |
| Total Techo | 1,97 | -1,52 | -3,37 | -1,17 | -1,46 |
| Total Piso | 1,97 | -1,52 | -3,37 | -1,17 | -1,46 |
| Madera | 2,32 | -1,22 | -1,11 | -1,33 | -1,34 |
| Vidrio | 5,92 | -4,82 | -4,38 | -4,93 | -4,98 |

Tabla 4 – Síntesis de los coeficientes K

MONITOREO

El monitoreo de la temperatura, iluminación y humedad de locales interiores de las cuatro unidades habitacionales analizadas fue realizado con instrumentos de medición, data-loggers tipo HOBO-U12. Para el registro de los parámetros ambientales exteriores se utilizó una estación meteorológica tipo DAVIS en la ciudad de San Juan, que otorgó datos sobre temperatura, humedad y radiación. En el caso de La Plata, la toma de datos de temperatura y humedad se efectuó con un HOBO, mientras que los valores de la radiación fueron obtenidos con el software RADIAC2, a partir de la consideración de las condiciones del cielo (despejado, nublado, etc). Es importante destacar que las mediciones de las condiciones exteriores en la ciudad de San Juan estuvieron a cargo del Ing. Pontoriero, y en la ciudad de La Plata fueron responsables de las mismas el Arq. Czajkowski y la Arq. Vagge, quienes contribuyeron al trabajo aportando los registros obtenidos. El programa RADIAC2 también fue proporcionado por el Arq. Czajkowski.

Debido a cuestiones organizativas, las mediciones tuvieron lugar en dos períodos invernales diferenciados. El primer registro fue en los departamentos 1 y 2 de San Juan, entre el 3/06/08 y el 12/06/08; el segundo, correspondiente a los departamentos 3 y 4 tuvo lugar en la ciudad de La Plata desde el 30/06/08 al 09/07/08. Durante este tiempo, también fue relevada manualmente la información en cuanto al consumo de gas (m³) y energía eléctrica (kWh) de cada unidad. Dado que fue aplicado el mismo procedimiento en todos los casos, y por fines prácticos, dichos valores se sintetizan en la Tabla 5, en la cual además se agregan los datos de Gas convertidos a kWh para lograr homogeneizar las unidades energéticas. Para su realización se utilizó un factor de conversión de 8,33kWh/m³ que surge de considerar una densidad del gas de 0,77 kg/m³, un poder calorífico de 9300 kcal/kg y un factor de conversión de unidades que iguala 1 kWh a 859,326 kcal/kWh. (Blasco Lucas I., et al, 2004)

Los consumos de energía por unidad de superficie de cada departamento analizado se comparan con tres estándares internacionales, a los efectos de obtener una valoración relativa de los mismos. Los estándares de referencia son: Edificio moderno (MB) con 150kWh/m², Edificio de bajo consumo (LEB) con 50kWh/m² y Edificios de muy bajo consumo (SLEB) con 25 kWh/m² (Blasco, 2006). En la Tabla 6 es posible observar el valor obtenido de dividir el consumo energético anual de cada departamento en la superficie total del mismo; al realizar la comparación con los estándares mencionados, los valores positivos expresan en cuanto supera cada unidad de vivienda el consumo máximo estipulado para cada uno de ellos. En el caso del estándar MB, los valores negativos en los departamentos 3 y 4 indican que ambos se ubican dentro del rango de consumos establecidos.

| CONSUMOS | | ELECTR. kWh | GAS m3 | GAS kWh | TOTAL kWh |
|--------------------|---------|----------------|-----------|------------|--------------|
| TOTAL PERIODO | Dpto. 1 | 60,4 | 47,5 | 395,5 | 455,9 |
| | Dpto. 2 | 20,7 | 26,9 | 223,7 | 244,4 |
| | Dpto. 3 | 41,0 | 11,2 | 93,1 | 134,1 |
| | Dpto. 4 | 13,8 | 18,8 | 156,2 | 170,0 |
| PROMEDIO DIARIO | Dpto. 1 | 6,0 | 4,7 | 39,5 | 45,6 |
| | Dpto. 2 | 2,1 | 2,7 | 22,4 | 24,4 |
| | Dpto. 3 | 4,1 | 1,1 | 9,3 | 13,4 |
| | Dpto. 4 | 1,4 | 1,9 | 15,6 | 17,0 |

Tabla 5 – Consumos Energéticos por Departamento.

| DPTO. | CONSUMO AÑO/ SUPERFICIE kWh/m2 | MB 150 kWh/m2 | LEB 50 kWh/m2 | SLEB 25 kWh/m2 |
|-------|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 225 | 75 | 175 | 200 |
| 2 | 191 | 41 | 141 | 166 |
| 3 | 101 | -49 | 51 | 76 |
| 4 | 120 | -30 | 70 | 95 |

Tabla 6 – Consumo anual por departamento y comparaciones con estándares internacionales

Procesamiento de mediciones

Para el procesamiento de datos y el análisis comparativo de las mediciones higrotérmicas y lumínicas de cada ciudad, se ha utilizado el procedimiento PROMEDI-HTL-V3 (Blasco, et al, 2007). La zona de confort, identificada con verde en los gráficos de dispersión higrotérmica, fue modificada respecto a su versión original, con una forma geométrica que se aproxima de manera más precisa a la identificación del área deseada. En las gráficas de evolución temporal de temperatura, la zona de confort es señalizada con una franja de color verde, y con naranja la zona extendida. En la Figura 3 se pueden observar los Gráficos de dispersión de los datos higrotérmicos correspondientes a las unidades habitacionales de San Juan (Izq.) y La Plata (Der.).

Los resultados de la evolución temporal de temperaturas se muestran en la Fig. 4 (San Juan) y 5 (La Plata), y los de iluminancia en la Fig. 6. En la Fig. 7 se representa en diagrama de barras los valores máximos, mínimos y medios de iluminancia de los departamentos 1 y 2 (Izq.), 3 y 4 (Der.). Los locales monitoreados se identifican con un número que indica a qué departamento pertenece.

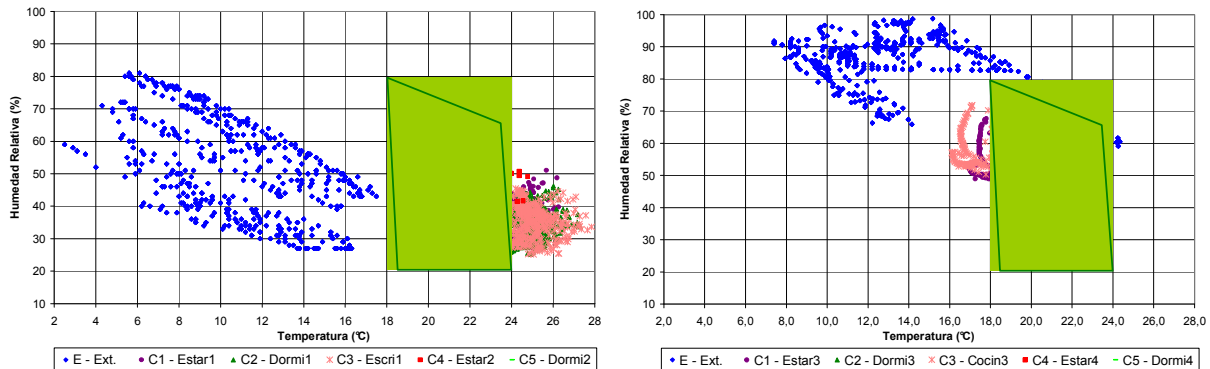


Fig.3 – Dispersión Higrotérmica. San Juan (Izq.) y La Plata (Der.)

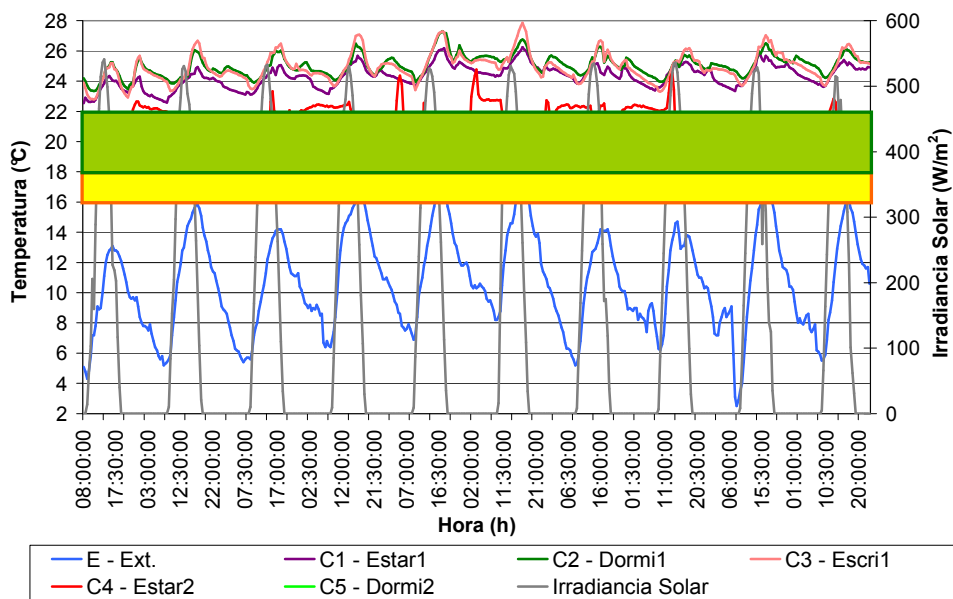


Fig.4 – Temperaturas e Irradiancia Solar. Gráfico de San Juan

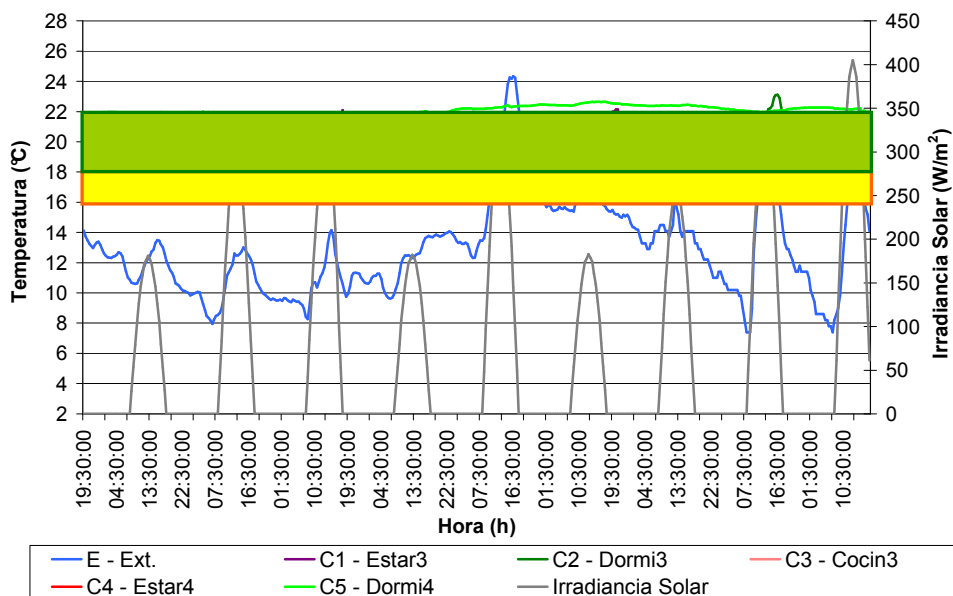


Fig.5 – Temperaturas e Irradiancia Solar. Gráfico de La Plata

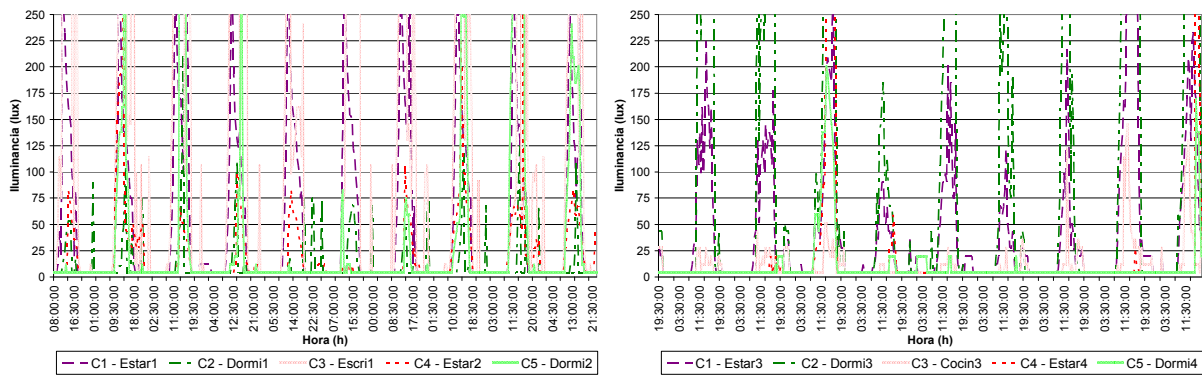


Fig. 6 – Iluminancia. Evolución Temporal. San Juan (Izq.) y La Plata (Der.)

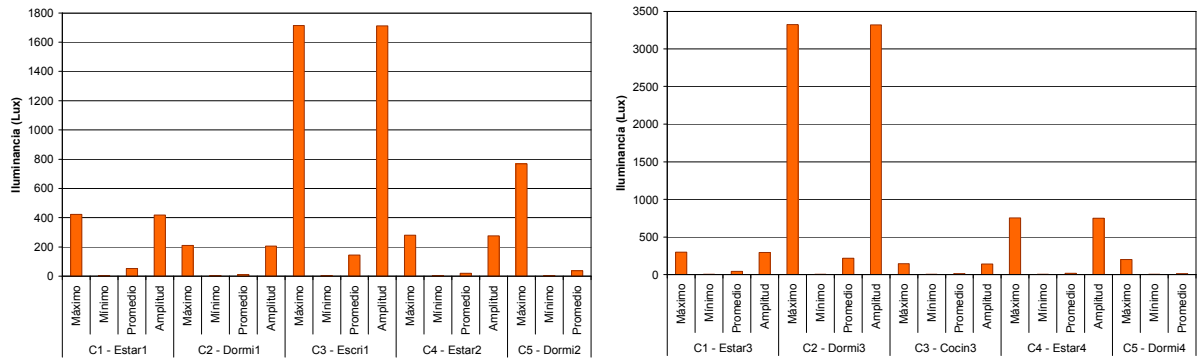


Fig. 7 – Iluminancia. Datos Estadísticos. San Juan (Izq.) y La Plata (Der.)

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los departamentos estaban habitados durante los períodos de monitoreo, por lo cual, los hábitos de los usuarios incidieron fuertemente en los resultados obtenidos sobre el comportamiento higrotérmico, quienes se procuraron su bienestar mediante uso de sistemas de calefacción artificial, incluso excediendo los límites recomendables para invierno (Dpto. 1). En cuanto al comportamiento lumínico, también se evidencian los usos de los usuarios en los datos registrados (Figs. 6 y 7). Durante un mismo recorte temporal, algunas veces los valores de iluminancia tienen relación con la irradiancia llegando a superar los máximos recomendables en días despejados (escritorio Dpto.1, dormitorio Dpto.3); en otros momentos del mismo período la curvatura descendiendo durante el día, hecho que denota la influencia del usuario en los registros, ya sea procurando el oscurecimiento de ambientes o utilizando iluminación artificial que se ubica por debajo de los valores recomendables.

En el gráfico de San Juan de la Fig. 1 se visualiza que tanto el estar-comedor como el dormitorio del Dpto. 2 permanecen casi completamente dentro de la zona de confort; el Dpto.1, por el contrario, se encuentra excedido en las temperaturas consideradas confortables para meses invernales en los tres locales analizados. El gráfico de La Plata, muestra un déficit de alrededor de 2°C en la temperatura registrada en el estar-comedor y la cocina del Dpto. 3; mientras que los locales del Dpto. 4 se ubican dentro de la zona confortable. Es notoria la incidencia de la humedad exterior en los registros interiores; los departamentos de San Juan presentan valores mínimos de 25%, y en los de La Plata el mínimo se ubica en 40%.

En la Figura 4 se observa claramente que el Dpto.1 supera las temperaturas confortables en los tres locales monitoreados; contribuyendo a estos resultados el hecho de que todos sus aventanamientos están orientados al norte. La incidencia de la ganancia solar también se percibe en el dormitorio del departamento 3, orientado al noroeste. En este caso el local no cuenta con sistema artificial de climatización, pero aún así su rango de temperaturas se ubica dentro de la zona de confort y son mayores que las registradas en los demás espacios de dicha unidad habitacional.

CONCLUSIONES

En las Tablas 7 y 8 se presentan para cada caso los índices correspondientes a los diferentes aspectos relacionados con el análisis realizado: morfológicos (Factores de Forma: FF), térmico-constructivos (Coeficiente Global de Pérdidas de Calor: G), orientación y consumo anual por unidad de superficie. Los Grados-Hora (GH) registrados en la ciudad de San Juan durante el período monitoreado, varían en un rango de 0,5°C a 15,5°C, y los de la ciudad de La Plata entre -6,3 y 10,6. A partir de estos índices y de los resultados obtenidos del análisis de las mediciones se concluye que:

- En los cuatro casos estudiados, a mayores temperaturas interiores, existe mayor consumo energético.
- El Dpto.2 permanece dentro de la zona de confort, y el Dpto.1 se sale de ella por excederse en temperatura.
- En el Dpto. 1, los hábitos del usuario influyen notablemente en el consumo energético, pues posee un menor G, un menor FF y una mejor orientación que el Dpto. 2, pero tiene el mayor consumo unitario, superando 75 kWh/m² el valor máximo de los estándares internacionales (MB 150 kWh/m²) utilizados de referencia.

- El Dpto.4 permanece dentro de la zona confortable durante todo el período, y el Dpto.3 queda fuera de ella en algunos momentos del día por no alcanzar la temperatura necesaria.
- El déficit de confort en el Dpto. 3 demuestra la influencia del usuario por defecto de climatización, pues a pesar de tener un mayor G y un mayor FF que el Dpto. 4, posee menor consumo unitario.
- Los consumos realizados por los departamentos de La Plata se posicionan en el rango comprendido entre el valor máximo (MB 150 kWh/m²) y el valor medio (MB 50 kWh/m²) de los estándares internacionales de referencia.

| DPTO. | Factor Forma (sup. Envol./ sup. Cub.) | Factor Forma (sup. Envol./ vol. Int.) | G Total Invierno W/m ³ °C | Orientacion | Cons Año/ Superficie kWh/m ² |
|-------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| 1 | 0,64 | 0,29 | 3,92 | Norte | 225 |
| 2 | 2,10 | 1,01 | 4,88 | Norte/Sur | 191 |

Tabla 7 – Índices de los departamentos de San Juan.

| DPTO. | Factor Forma (sup. Envol./ sup. Cub.) | Factor Forma (sup. Envol./ vol. Int.) | G Total Invierno W/m ³ °C | Orientacion | Cons Año/ Superficie kWh/m ² |
|-------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| 3 | 1,34 | 0,71 | 5,00 | SurE/NorO | 76 |
| 4 | 0,70 | 0,30 | 3,51 | Oeste | 95 |

Tabla 8 – Índices de los departamentos de San Juan.

En base a estos resultados y los de futuras mediciones de verano se definirán criterios para determinar los créditos que corresponderían dentro del Método LEED para cada caso, y se realizarán propuestas de su adaptación para Argentina.

REFERENCIAS

- ABC 1.3 (2006) Architectural Bioclimatic Classification. Universidad de San Carlos, Estado de San Pablo, Brasil.
- Assaf L. O., Casado J. C., de Schiller S., Evans J. M., Marchese R. A., Pando R. (2007) *Una Propuesta para la Calificación Energética de Edificios Públicos*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.9 pp. 05.67 – 05.72
- Vol.11 pp. 07.79 – 07.86
- Blasco Lucas I. (2008) *Promises of Sustainable Architecture in Argentina*. Word Renewable Energy Congress X. Glasgow, Scotland, UK.
- Blasco Lucas I., Hoesé L., Pontoriero D. (2007) *Procedimiento “PROMEDI-HTL-V3” para Análisis Comparativos de Mediciones Higrotérmicas y Lumínicas*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11, pp. 08.01 – 08.06
- Blasco I. (2006). *Potencial de Ahorro Energético en el Sector Residencial desde un Enfoque Bioclimático*. FAUD-UNSJ. San Juan, Argentina.
- Blasco Lucas I., Pontoriero D., Facchini M., Hoesé L., Carestía C., Gomez W. (2004) *Vivienda, Clima y Energía: Diagnóstico y Propuestas en Casos de Estudio*. Capitulo III. Editado por IRPha, FAUD, UNSJ.
- BP - Statistical Review of World Energy (06/2007) British Petroleum. <http://www.bp.com/statisticalreview/>.
- Czajkowski J., Discoli C., Corredera C., Diaz C., Gentile C, Belloni P. y Rosenfeld E. (2004) *Evaluación de las Condiciones Ambientales en un Supermercado*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.8 pp. 05.43 – 05.48
- Cavalcante Sofia C.; Cavalcante Neto Tomaz N. (2008) *Studies on the Rating System for Green Building in Brazil*. Word Renewable Energy Congress X. Glasgow, Scotland. Número de trabajo: LEA 69
- De Schiller S., Gomes da Silva V., Goijberg N. y Treviño C. (2003) *Edificación Sustentable: Consideraciones para la Calificación del Hábitat Construido en el Contexto Regional Latinoamericano*. ASADES Vol.7 pp. 01.65
- Diaz C. J.; Corredera C., Czajkowski J. (2005) *Resultados de Mediciones de Confort Higrotérmico en Viviendas de Interés Social en Tierra del Fuego. Campaña de Verano*. ASADES. Vol.9 pp. 05.79 – 05.84
- Evans J.M., de Schiller S. (2007) *Procedimiento de Auditorías y Evaluación de Servicio Energético: Desarrollo, Aplicación y Transferencia*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.11 pp. 07.17 – 07.22
- Filippin C., Flores Larsen S. (2005) *Comportamiento Térmico de Invierno de una Vivienda Convencional en Condiciones Reales de Uso*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.9 pp. 05.67 – 05.72
- Flores Larsen S., Filippin C., Lesino G. (2004) *Monitoreo y Simulación del Comportamiento Térmico de una Escuela Rural en Algarrobo del Águila, La Pampa*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.8 pp. 05.139 – 05.144
- INDEC (2008) *Estadísticas de la Construcción. Indicadores de Coyuntura. Serie Histórica*. Instituto Nacional de Estadística y Censo de la República Argentina. Sitio Web: www.indec.mecon.ar
- Re G., Blasco Lucas I. (2007) *Aplicación de Herramientas de Diseño Ambientalmente Conciente en Vivienda Rural para Zona Árida*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.11 pp. 08.67 – 08.74
- Viegas G., San Juan G., Discoli C. (2007) *Comportamiento Térmico-Energético de Tipologías Representativas Pertenecientes a Mosaicos Urbanos de la Ciudad de La Plata*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol.11 pp. 01.41 – 01.48

ABSTRACT: In order to obtain a diagnosis of the hydro-thermal, energy and lighting winter behaviour of height multifamily buildings located in San Juan and La Plata cities, monitoring were performed in two apartments of two representative residential blocks for each city. Measurements were carried out during periods of 10 days respectively in June and July 2008, and processed with PROMEDI-HTL. The preliminary thermal analysis of constructive elements made applying KG-MOD, reveals that all of them are exceeding the maximum admitted K value specified for quality building type B by the Standard IRAM 11605. In both places, two apartments remain in comfort and two in discomfort, one by excess (San Juan) and another one by default (La Plata). Apartments located in San Juan city have a high consumption per unit, surpassing the maximum EU international standard value in a range comprised between 41 and 75 KWh /m², while apartments of La Plata city are keeping under of it.

Keywords: monitoring, hydro-thermal and light behaviour, energy consumption, multifamily buildings.